



---

---

**ГЕОГРАФИЯ**

---

---

УДК 551.510.04

**ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА  
АТМОСФЕРЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА***Андрейчик М.Ф.**Тувинский государственный университет, Кызыл***CHARACTERISTICS OF THE METEOROLOGICAL POTENTIAL OF  
THE ATMOSPHERE IN THE REPUBLIC OF TYVA***M.F. Andreichik**Tuvan State University, Kyzyl*

В расчетах метеорологического потенциала атмосферы тувинской горной области диапазон повторяемости скорости ветра в градации «штиль» целесообразно расширить до 0 – 4 м/с. Это ухудшает критерии оценки условий жизни населения в 1,5 раза. Результаты необходимы для проведения экологической экспертизы проектов при размещении производительных сил на территории республики.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, метеорологический потенциал атмосферы, повторяемость погодных факторов, математические связи.

On the basis of calculations of the meteorological potential of the atmosphere in the Tuvan mountainous region, it would make sense to expand the category "calm" to include a range of 0–4 m/s sustained wind velocity. This would change the criteria for evaluating living conditions of the population, effectively lowering the assessment of living conditions by a factor of 1.5. The results are necessary for carrying out environmental impact analyses of projects that intend to locate manufacturing facilities on the territory of the republic.

**Key words:** atmospheric pollution, meteorological potential of the atmosphere, sustained weather factors, mathematical associations.

Республика Тыва (Тувинская горная область – ТГО, Тува) расположена в центре Азии, на расстоянии 2400км от Северного Ледовитого океана, на 2800 – от Тихого и 2400км – от Индийского океана [1]. ТГО представляет собой обособленную орографическую систему, включающую 18 хребтов и 9 котловин (5 больших и 4 малых), с отчетливыми границами тектонических разломов площадью 168,9 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет почти 26% Алтае-Саянской горной

страны в границах РФ. Горы занимают около 82% территории региона, 18% – относительно пониженные формы рельефа.

#### **Климат и особенности загрязнения атмосферы**

Климат ТГО резко континентальный. Для зимы характерны морозы (до 50°C и более), удерживающиеся без оттепелей почти до середины марта, штиль и слабые ветры (0,5 – 2 м/с). В зимний период Тува находится в зоне обширного и устойчивого азиатского антициклона, центр которого расположен над Монголией. Повторяемость приземных инверсий в течение года достигает 73%, что обуславливает в котловинах 82% штилей и слабых ветров, способствующих концентрированию загрязняющих веществ в приземном слое воздуха. Среднеянварские температуры изменяются в больших пределах: от –16 –18°C в предгорьях Алтая до –34°C в больших котловинах. Основным энергетическим сырьем в регионе является каменный уголь; технология использования – слоевое сжигание. В республике преобладают низкие источники загрязнения воздуха, жилой фонд частного сектора – более 90%. Все это определяет экологический статус ТГО.

*Показатели качества воздуха.* Согласно [2] (Состояние загрязнения окружающей среды..., 2003) Росгидромет определяет три показателя качества воздуха: стандартный индекс (СИ), индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) и наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК. СИ – отношение наибольшей измеренной в течение 20 мин концентрации примеси к соответствующему ПДК разовому. При СИ меньше 1 – загрязнение воздуха не сказывается на здоровье человека, больше 10 – очень высокое.

ИЗА – уровень загрязнения атмосферы отдельной примесью, приведенной к вредности диоксида серы (вещество 3 степени опасности). Комплексный ИЗА, рассчитанный как сумма 5 приоритетных для данного района веществ, показывает, во сколько раз суммарный уровень загрязнения атмосферы превышает допустимые значения. Если величина ИЗА до 5 уровень загрязнения «низкий»; 5 – 7 – «повышенный»; 7 – 14 – «высокий»; более 14 – «очень высокий» и весьма неблагоприятный для здоровья.

Критерии оценки НП: меньше 10% – уровень загрязнения «низкий», больше 50% – «очень высокий».

По данным аэрологического зондирования атмосферы [3] для оценки качества воздуха предложен показатель потенциальной загрязненности атмосферы (ПЗА). Все отмеченные показатели отражают лишь условия, способствующие накоплению примесей.

Селегей Т.Г. [4, 5] был предложен качественно новый показатель – метеорологический потенциал атмосферы (МПА). Обоснованность применения данного метода подтверждена [6] при анализе диоксида азота и МПА.

Однако в предлагаемой формуле работы [4] для расчета МПА в пересеченном рельефе ТГО такой показатель, как повторяемость штилей, на наш взгляд, требует нового подхода – обоснованного расширения диапазона (градации) скорости ветра. Поэтому целесообразно остановиться на методике определения МПА



$$МПА = \frac{P_{ш} + P_{т}}{P_{о} + P_{в}}$$

где числитель – метеорологический потенциал загрязнения атмосферы, включающий факторы, способствующие загрязнению атмосферы:

$P_{ш}$  – повторяемость скоростей ветра (штилей) 0-1 м/с, %;

$P_{т}$  – повторяемость дней с туманами, %.

Знаменатель – метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, включающий факторы, способствующие самоочищению атмосферы:

$P_{о}$  – повторяемость дней с осадками интенсивностью более 0,5мм, %;

$P_{в}$  – повторяемость скоростей ветра выше 6 м/с, %.

Повторяемость скорости ветра (штилей) 0-1 м/с ( $P_{ш}$ ) в условиях ТГО является определяющим показателем качества воздуха: чем выше его значение, тем неблагоприятнее условия для рассеивания примесей в атмосфере.

По данным [7, 8], в промышленном городе равнинных территорий существуют два максимума роста концентраций загрязняющих атмосферу веществ. Один при ветрах 0-1 м/с, возникающий за счет выбросов многочисленных низких источников, другой – при скорости 4-6 м/с – дымовые трубы выше 60м.

Однако, в горных котловинах Тувы определяющим условием накопления примесей в атмосферном воздухе в зимний период являются инверсионные процессы. Связь между повторяемостью инверсий, штилями и слабыми ветрами (до 2м/с) приближается к функциональной, коэффициент корреляции равен 0,98-0,99. В холодные месяцы года повторяемость штилей в Туве составляет 48%, со скоростью 1,1-2 м/с – 34%, 2,1-4 м/с – 15%, 4,1-6,0 м/с – 3%. В этот период скорость ветров более 6 м/с – редкое явление в котловинах.

### Статистическая обработка и анализ результатов

Атмосфера г. Кызыла характеризуется высокой концентрацией пыли, а по уровню загрязнения сажей столица Тувы входит в группу городов Российской Федерации, превышающих максимальные разовые величины 10 ПДК. Параметры статистической обработки на примере концентрации сажи и пыли показали, что нулевая гипотеза ( $H_0: d=0$ ) между средними арифметическими трех выборок при скорости ветра 0-1; 1,1-2 и 2,1-4 м/с при 95%-ном уровне вероятности сохраняется. Доверительные интервалы для указанных групп перекрывают друг друга, и, следовательно, разность между выборочными средними нельзя переносить на генеральные средние. Это дает право объединить три выборки и рассматривать их как один объект. Результаты обработки подтверждают реальность процессов перемещения воздуха в замкнутых котловинах. Доля скорости долинных ветров 6 м/с в горных котловинах составляет около 1% от общей повторяемости градации 4,1-6 м/с. Из-за малого удельного веса они не могут рассеивать накопившиеся примеси в котловинах. Их роль сводится лишь к перемешиванию загрязненного объема воздуха в границах котловин.

Таким образом, результаты статистической обработки указывают на целесообразность расширения в формуле МПА градации скорости ветра в повторяемости штилей от 0-1 до 0-4 м/с. С учетом поправки, в котловинах Тувы значения МПА увеличиваются в среднем в 1,5 раза, что еще больше усугубляет качество среды населения.

Эффективность переноса загрязняющих веществ в атмосфере характеризуют значения МПА [3]: чем больше их величины, тем хуже условия для рассеивания примесей в атмосфере. При МПА меньше 1 – благоприятные условия, больше 1 – происходит накапливание вредных веществ, больше 3 – крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей в атмосфере.

В зависимости от преобладания той или иной синоптической ситуации величины МПА могут значительно меняться во времени и существенно влиять на загрязнение атмосферы. Между величинами МПА и каждой примесью атмосферы существует достоверная связь (табл. 1).

Таблица 1

**Значения коэффициентов корреляции между МПА и концентрацией основных загрязняющих веществ в Улуг-Хемской котловине (1986 - 89гг.)**

Месяц	МПА, v ветра 0-4 м/с	Примеси					
		Сажа (С)	Оксид углерода (CO)	Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	Формальдегид (НСОН)	Пыль
I	11,5	0,889	0,815	0,822	0,795	0,801	0,868
II	8,2	0,868	0,823	0,851	0,811	0,832	0,852
III	5,0	0,832	0,771	0,772	0,765	0,771	0,821
IV	1,9	0,761	0,725	0,743	0,720	0,735	0,753
V	1,7	0,633	0,622	0,618	0,613	0,672	0,621
VI	1,2	0,522	0,512	0,502	0,508	0,511	0,517
VII	1,1	0,548	0,533	0,531	0,525	0,534	0,535
VIII	1,1	0,537	0,445	0,473	0,422	0,426	0,513
IX	1,4	0,573	0,496	0,495	0,485	0,491	0,522
X	1,5	0,685	0,615	0,615	0,601	0,6123	0,673
XI	3,1	0,772	0,687	0,692	0,681	0,692	0,725
XII	5,4	0,801	0,733	0,745	0,727	0,738	0,763

Регрессионный анализ выявил, что процесс накопления примесей в приземном слое атмосферы происходит неоднозначно. Так, связь между МПА и концентрацией сажи, оксида углерода и пыли выражается логарифмическими уравнениями (рис. 1), а диоксида серы – экспонентой (рис. 2).

Зависимости между МПА, концентрацией диоксида азота и формальдегидом выражаются полиномами 4-й степени.

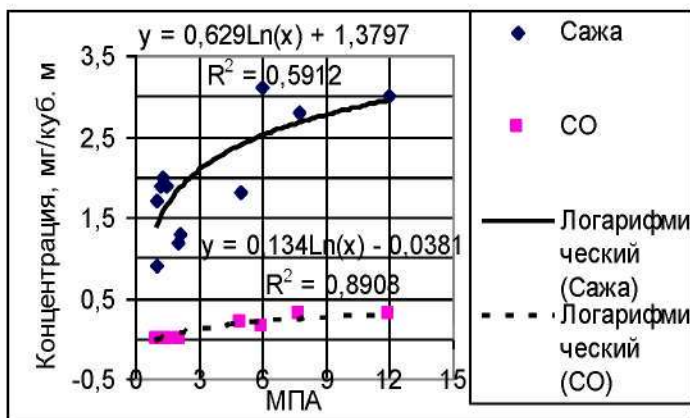


Рис. 1. Связь между метеорологическим потенциалом атмосферы (МПА), сажей и оксидом углерода (CO)

Значения коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) указывают, что от 47 до 89% загрязнение определяется величинами МПА. Результаты нашей работы [1] позволяют сделать вывод: теснота связи между МПА и отдельными примесями значительно выше парных корреляций «ингредиент-метеорологический фактор».

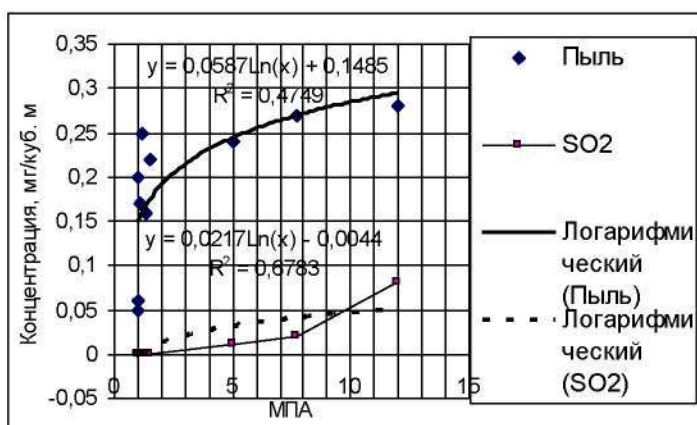


Рис. 2. Связь между метеорологическим потенциалом атмосферы, пылью и диоксидом серы ( $SO_2$ )

### Распределение МПА на территории республики

Вычисленные значения МПА за 1980-1995 гг. позволили получить полный спектр величин анализируемого показателя по месяцам, сезонам и годам. Выявлена общая закономерность изменения МПА по сезонам: наибольшие значения МПА наблюдаются в зимний период, а наименьшие - в летний период.

В качестве иллюстрации представлены наиболее типичные годы, отражающие реальную динамику МПА (рис. 3).

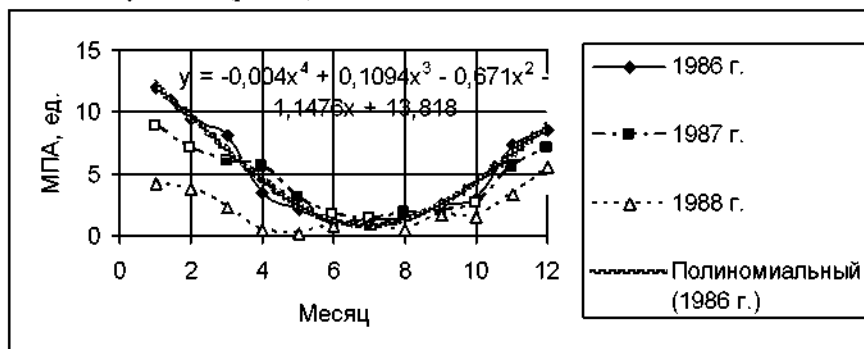


Рис. 3. Годовой ход метеорологического потенциала атмосферы за 1986-1988 гг. Метеостанция Кызыл (Улуг-Хемская котловина)

Закономерность распределения МПА описывается полиномами 4-ой степени. В другие годы выявляются существенные отклонения от общей закономерности: значения МПА в мае, июне, августе и сентябре составили соответственно 1; 1,9; 1; 1,1, в марте и ноябре равны нулю, что указывает на весьма благоприятные метеорологические условия для рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Такие случаи вызывают некоторые проблемы при статистической обработке. При наличии нулевых значений возникает разрывное поле, в результате чего возникает вопрос: включать ли эти данные в выборку или нет, то есть требуется физически обоснованное решение. Очевидно, что полная выборка уменьшает значения МПА и, наоборот, увеличивает их при ограничении исходных данных. В обработку мы включили полный объем, сознавая, что среднеарифметические величины МПА будут несколько заниженными. Данное решение объясняется требованиями методики обработки метеорологических данных Росгидромета.

Полученные результаты показывают, что на всех пунктах наблюдений республики анализируемый показатель выше 1, что указывает на неблагоприятные метеорологические условия рассеивания загрязняющих веществ, а с учетом выше указанной поправки (если в формулу включить повторяемость скорости ветра для штиля 0-4 м/с) в большинстве случаев – крайне неблагоприятные (табл. 2).



Таблица 2

**Величины МПА для двух градаций скорости ветра в различных пунктах наблюдений Республики Тыва**

Пункт наблюдения	v ветра 0-1 м/с	v ветра 0-4 м/с	Пункт наблюдения	v ветра 0-1 м/с	v ветра 0-4 м/с
Мугур-Аксы	2,0	2,8	Эрзин	3,6	5,1
Хову-Аксы	2,0	2,5	Кызыл	3,9	5,3
Туран	2,2	3,1	Шагонар	4,4	6,2
Большой Ом	2,5	3,8	Тээли	4,5	6,5
Тоора-Хем	2,6	3,9	Ийме	5,9	8,3
Сарыг-Сеп	2,6	3,7	Кызыл-Таштыг *	0,9-1,3	1,1

\* Место проектируемого Кызыл-Таштыгского горнообогатительного комбината в Тоджинском районе. Автор статьи являлся исполнителем ОВОС (оценка воздействия на окружающую среду) – глава «Атмосфера».

Из таблицы следует, что место выбора для строительства Тувинского цементного завода вблизи г. Шагонара с экологической точки зрения является не совсем удачным, так как величина МПА в данном районе составляет 4,4-6,2, что указывает на крайне не благоприятные условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

В районе проектируемого ГОК, расположенного на высоте 1600-1800м хребта академика В.А. Обручева в узкой эрозионной долине р. Кызыл-Таштыг, повторяемость естественных процессов (количество, число дней и характер выпадения осадков, а также сильные ветры и низкая облачность в зимний период) способствует самоочищению атмосферы.

Экологическая дифференциация территории Тувы с использованием величин метеорологического потенциала атмосферы не решает проблемы улучшения качества воздуха, но она необходима для прогноза возможных негативных последствий в природопользовании. Приведенный материал может быть использован для оценки условий жизни населения, при проведении экологической экспертизы проектов, выбора наиболее рациональных средств защиты атмосферы от вредных выбросов промышленных предприятий и размещения производительных сил на территории республики.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Статистические связи между МПА и концентрациями загрязняющих веществ в приземном слое воздуха более тесные и стабильные, по сравнению с парной корреляцией «примеси - метеорологические факторы», которая характеризуется сложностью, неоднозначностью и противоречивостью от сезона к сезону года.

Результаты статистической обработки анализируемых примесей атмосферы показали, что их выборки при скоростях ветра 0-1; 1,1-2 и 2,1-4 м/с целесообразно объединить в одну группу – 0-4 м/с. При принятии данной

поправки МПА в горных котловинах Тувы критерий оценки условий жизни населения ухудшается в 1,5 раза.

#### **Библиографический список**

1. Андрейчик М.Ф. Загрязнение атмосферы, почв и вод Республики Тыва. – Томск: Томский гос. ун-т, 2005. 400 с.
2. Состояние загрязнения окружающей природной среды на территории Красноярского края, Республики Тыва и Хакасии за 2002 г.: Террит. упр. ГМС. – Красноярск, 2003. 108 с.
3. Безуглая Э.Ю. К определению потенциала загрязнения воздуха // Тр. ГГО. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. Вып. 234. С. 68–78.
4. Селегей Т.Г. Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Тр. Зап.-Сиб. рег. НИГМИ. – М.: Гидрометеиздат, 1989. Вып. 86. С. 24–26.
5. Селегей Т.Г. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха городов Сибири // География и природные ресурсы. – Новосибирск: ВО Наука, 1994. № 1. С. 44–48.
6. Русанов Ю.В. Метеорологические условия загрязнения атмосферы над Томской областью // География и природные ресурсы. – Новосибирск: ВО Наука, 1992. № 3. С. 60–65.
7. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
8. Шевчук И.А. Расчет аэросиноптических характеристик и комплексных метеорологических предикторов для прогнозирования уровня загрязнения атмосферы // Прогнозирование загрязнения атмосферы. Сб. докл. на Междунар. совещ. ВМО РА VI. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. С. 147–149.

**Андрейчик Михаил Федорович** – доктор географических наук, доцент кафедры экономической географии и ГИС. Тувинского государственного университета, г. Кызыл, E-mail: [Andreychickm@yandex.ru](mailto:Andreychickm@yandex.ru)

**Mikhail Andreychick** – Doctor of Geography, Associate Professor, Department of Economic Geography and GIS, Tuvan State University, Kyzyl. E-mail: [Andreychickm@yandex.ru](mailto:Andreychickm@yandex.ru)